

---

## ЗМІСТ

---

<b>ВСТУП</b> .....	7
<b>1. ГІДРАВЛІЧНІ МАШИНИ</b> .....	9
1.1. Короткий історичний огляд розвитку машин для переміщення рідини .....	9
1.2. Загальна будова установок для переміщення рідини .....	16
1.3. Види нагнітачів та основні їх параметри. Поняття про напірну характеристику нагнітача .....	21
1.4. Основне рівняння насосної (вентиляторної) установки .....	27
1.5. Характеристика зовнішньої мережі та параметри роботи установки .....	30
Контрольні запитання .....	32
<b>2. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ТЕОРІЇ ЛОПАТЕВИХ МАШИН</b> .....	33
2.1. Загальні відомості про лопатеві машини та принцип їх дії.....	33
2.2. Кінематика потоку в робочому колесі ідеальної відцентрової лопатевої машини .....	38
2.3. Основне рівняння відцентрової лопатевої машини .....	40
2.4. Подача та напірна характеристика ідеальної відцентрової лопатевої машини .....	43
2.5. Види робочих коліс відцентрової лопатевої машини .....	45
2.6. Вплив кількості лопатей у робочому колесі на роботу відцентрової лопатевої машини.....	49
2.7. Урахування втрат напору в проточній частині лопатевої машини. 53	
2.8. Втрати енергії при роботі відцентрової лопатевої машини та її коефіцієнт корисної дії.....	58
2.9. Осьова лопатева машина та її робота .....	61
Контрольні запитання .....	72
<b>3. ЗОВНІШНЯ МЕРЕЖА НАСОСНИХ І ВЕНТИЛЯТОРНИХ УСТАНОВОК</b> .....	74
3.1. Зовнішня мережа насосної установки та рівняння її характеристики .....	74
3.2. Розрахунок і побудова характеристики розгалуженої мережі....	85

3.3. Зовнішня мережа вентиляторної установки та рівняння її характеристики .....	90
3.4. Загальний порядок розрахунку трубопровідних мереж.....	95
Контрольні запитання .....	103
<b>4. ПАРАМЕТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛОПАТЕВИХ МАШИН .....</b>	<b>105</b>
4.1. Експлуатаційні характеристики лопатевої машини та порядок визначення параметрів її роботи .....	105
4.1.1. Характеристика ККД $\eta = f_2(Q)$ .....	106
4.1.2. Характеристика потужності $N_o = f_3(Q)$ .....	108
4.1.3. Кавітаційна характеристика $\Delta h_o = f_4(Q)$ .....	109
4.2. Номінальні параметри лопатевої машини та її робоча зона .....	112
4.3. Безрозмірні (типові) характеристики лопатевих машин.....	113
4.4. Закони подібності лопатевих машин .....	117
4.5. Закони пропорційності лопатевих машин і методика перерахунку напірної характеристики .....	120
4.6. Методика визначення параметрів роботи нагнітальної установки в разі зміни частоти обертання вала лопатевої машини .....	124
4.7. Швидкохідність лопатевих машин та їх класифікація .....	128
Контрольні запитання .....	136
<b>5. СУМІСНА РОБОТА ЛОПАТЕВОЇ МАШИНИ ТА ЗОВНІШНЬОЇ МЕРЕЖІ .....</b>	<b>138</b>
5.1. Особливості роботи лопатевої машини на зовнішню мережу ..	138
5.2. Основні положення про сумісну роботу лопатевих машин.....	139
5.3. Паралельна робота лопатевих машин .....	140
5.4. Послідовна робота лопатевих машин .....	148
5.5. Загальні відомості про стабільність роботи лопатевих машин ..	157
Контрольні запитання .....	161
<b>6. ВІДЦЕНТРОВІ НАСОСИ .....</b>	<b>162</b>
6.1. Загальні відомості та класифікація .....	162
6.2. Допустима висота всмоктування. Кавітація у відцентрових насосах .....	163
6.3. Сили, що діють на ротор насоса, та їх урівноважування.....	175
6.4. Основні конструктивні елементи відцентрових насосів.....	188

6.5. Основні види відцентрових насосів .....	203
6.5.1. Спиральні насоси .....	203
6.5.2. Секційні насоси .....	207
6.5.3. Консольні насоси .....	213
6.5.4. Вертикальні насоси.....	217
6.5.5. Насоси для перекачування стічних вод і абразивних гідросумішей .....	222
6.5.6. Вільно-вихрові насоси .....	238
6.6. Умови нормальної експлуатації відцентрових насосів.....	241
6.7. Регулювання подачі відцентрових насосів .....	244
6.8. Перехідні режими роботи насосних установок .....	252
6.8.1. Пускові режими роботи насосних установок .....	253
6.8.2. Зупинка насоса .....	256
6.9. Експлуатаційні випробування відцентрових насосів.....	256
6.10. Характерні несправності відцентрових насосів та їх причини ...	266
6.11. Загальний порядок розрахунку насосних установок .....	268
Контрольні запитання .....	271
<b>7. ОСЬОВІ НАСОСИ</b> .....	274
Контрольні запитання .....	280
<b>8. ВИХРОВІ НАСОСИ</b> .....	281
8.1. Загальна будова та принцип дії.....	281
8.2. Основні види, експлуатаційні властивості та область використання .....	283
8.3. Конструкції вихрових насосів.....	290
8.4. Відцентрово-вихрові насоси .....	292
Контрольні запитання .....	293
<b>9. НАСОСИ ТЕРТЯ</b> .....	294
9.1. Струминні насоси.....	294
9.2. Газліфти .....	296
Контрольні запитання .....	299
<b>10. ВІДЦЕНТРОВІ ТА ОСЬОВІ ВЕНТИЛЯТОРИ</b> .....	300
10.1. Загальні положення.....	300
10.2. Будова та характеристики відцентрових вентиляторів.....	303

## ГІДРАВЛІЧНІ та АЕРОДИНАМІЧНІ МАШИНИ

10.3. Основні види відцентрових вентиляторів та їх конструктивні особливості.....	306
10.4. Будова та конструктивні особливості осьових вентиляторів ..	310
Контрольні запитання .....	314
<b>11. КОМПРЕСОРИ.....</b>	<b>316</b>
11.1. Загальні положення.....	316
11.2. Будова та принцип дії поршневого компресора .....	318
11.3. Теоретичний процес поршневого компресора.....	320
11.4. Фактичний робочий процес поршневого компресора.....	325
11.5. Межі стискання газу в ступені поршневого компресора. Багатоступеневі компресори .....	330
11.6. Класифікація та експлуатаційні особливості поршневих компресорів.....	333
11.7. Ротаційні компресори .....	337
11.8. Гвинтові компресори .....	341
11.9. Водокільцеві компресори та вакуум-насоси .....	344
11.10. Відцентрові компресори та газодувки .....	347
Контрольні запитання .....	351
<b>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....</b>	<b>353</b>

---

## ВСТУП

---

Гідравлічні та аеродинамічні машини складають широкий спектр машин, у яких відбувається взаємне перетворення механічної енергії та гідравлічної енергії потоку рідини. Робочим середовищем у цих машинах може бути як краплеподібна так і газоподібна рідина. Перші машини називають гідравлічними, другі – аеродинамічними. Принцип дії обох різновидів машин однаковий, але конструкції їх суттєво різняться. Це обумовлено, у першу чергу тим, що краплеподібні рідини практично не стискувані, у той час як газ є стискуваним середовищем. Нестискуваність рідини призводить до незмінності об'ємної витрати потоку уздовж проточної частини машин і до відповідного вибору її поперечного перерізу. В аеродинамічних машинах об'ємна витрата газу змінюється у відповідності до зміни тиску і тому форма проточної частини таких машин має відповідати цим змінам.

Гідравлічні та аеродинамічні машини поділяють на машини-двигуни, та машини-нагнітачі.

До входу машин-двигунів подається потік рідини, при протіканні якої через машину відбувається перетворення гідравлічної енергії потоку в механічну енергію, що знімається з їх вала та спрямовується на виконання зовнішньої роботи.

У машинах-нагнітачах відбувається перетворення механічної енергії, що підводиться до їх вала, у гідравлічну енергію потоку рідини, який ці машини створюють. У цьому навчальному посібнику висвітлені лише машини-нагнітачі.

Посібник призначений для студентів, що навчаються за напрямом підготовки 6.060103 «Гідротехніка (водні ресурси)».

Метою вивчення дисципліни «Гідравлічні та аеродинамічні машини» є надання майбутнім фахівцям знань і умінь з машинних методів перекачування рідини та газу.

Завданнями вивчення дисципліни «Гідравлічні та аеродинамічні машини» є забезпечення теоретичної та практичної підготовки

студентів з питань розрахунків і проектування нагнітальних установок та їх кваліфікованої експлуатації в системах гідромеліорацій, водопостачання та водовідведення.

Необхідність видання посібника пояснюється повною або частковою відсутністю в аграрних вищих навчальних закладах підручників державною мовою викладення матеріалу, що відповідали б програмі нормативної навчальної дисципліни «Гідравлічні та аеродинамічні машини». Програма цієї дисципліни обговорена і рекомендована до видання Президією науково-методичної комісії з напряму підготовки 0926 «Водні ресурси» 05.04 2005 р., (протокол № 1/05).

У навчальному посібнику викладено загальні питання теорії руху рідини та газу, а також методи гідравлічного розрахунку напірних трубопроводів. Визначено загальну будову нагнітальних установок та сформульовано порядок встановлення параметрів їхньої роботи.

Викладено специфічні питання будови та експлуатації відцентрових, осьових і вихрових насосів, вентиляторів, компресорів, включаючи методи їх випробувань, методи регулювання режиму роботи та порядки проектування відповідних установок.

При підготовці навчального посібника були використані «Методичні рекомендації щодо структури, змісту та обсягів підручників і навчальних посібників для вищих навчальних закладів» і «Порядок надання навчальній літературі грифів Міністерства освіти і науки України» (2008 р.).

Навчальний посібник може бути корисним фахівцям проектних організацій при розробці вузлів машинного водозабору, систем гідромеліорації, сільськогосподарського водопостачання і каналізації.

---

# 1. ГІДРАВЛІЧНІ МАШИНИ

---

## 1.1. Короткий історичний огляд розвитку машин для переміщення рідини

Проблема підняття та подачі води з річок, озер і колодязів для водопостачання та зрошення земель вирішувалась протягом тисячоліть. Від простого відра і черпальної корзини до відцентрового насоса та автоматизованої насосної станції – такий шлях пройшло людство. Розглянемо основні етапи цього шляху та різні засоби для підняття води за допомогою людських мускулів, тварин, двигунами і водою.

Відро. Одна людина за хвилину може опустити, наповнити водою, підняти на висоту 1,2 м і опорожнити 15 разів дванадцятилітрове відро. Щоб полити один гектар, така людина-автомат повинна працювати без перерви 3...4 доби.

Черпальна корзина. Знаходячись на березі річки два чоловіки за мотузки підіймають прив'язану до них корзину і виплескують воду на висоті від 0,3 до 1,2 м. Цей спосіб розповсюджений у Індії. У Єгипті його називають мента. Різновидом цього способу є „водні гойдалки”, а також голландський водопідйомний лоток, що підвішений на мотузках.

Журавель застосовують вже тисячі років у Єгипті (називають шадур), в Індії (лет), в Україні та інших країнах. За день два робітники можуть підняти воду для поливу одного гектара.

Дун – це корито, виготовлене з половини колоди, яке

розгойдується. Його використовують для підняття води на висоту 0,6...0,9 м. Корито розміщують на березі, один кінець його у воді, а інший – на березі. На останній діє своєю вагою робітник, розгойдуючи і опускаючи його.

Коловорот – колода, що утримується на підшипниках у стійках, до якої кріпиться мотузка з цебром. Мотузка намотується при піднятті на колоду.

Моут – пристрій для підняття води з колодязів у вигляді шкіряного мішка ємністю 3...5 відер на линві, перекинутій через блок. Линву тягнуть воли або коні. Застосовується в Індії, а раніше використовувався в Степу України. Обслуговується двома працівниками: один поганяє тварин, а другий виливає воду з шкіряного мішка в корито.

Поступово на зміну простим водопідйомним спорудам прийшли водопідйомні машини.

Одними з перших були черпакові водопідймальники і водопідймальні колеса.

Чигирь – широко відомий і розповсюджений у багатьох країнах спосіб підняття води для зрошення земель. У Криму і Росії найбільш розповсюдженим був так званий „татарський” або „саратовський” тип чигиря.

Підняття води здійснюється в черпаках або відрах, що підвішені до ланцюгів, перекинутих через колесо, яке встановлене над колодязем на необхідній висоті і обертається тваринами (верблюди, воли, коні). Максимальна висота підняття 16 м. Продуктивність залежить від діаметра колеса: при діаметрі 2 м – 9 м<sup>3</sup>/годину, при діаметрі 4 м – 18 м<sup>3</sup>/годину. У Середній Азії чигирі робили різної продуктивності від 1,8 до 275 м<sup>3</sup>/годину і швидкістю обертання 4...6 обертів за хвилину. Коефіцієнт корисної дії низький – 25%.

При досить примітивній будові чигирь має достатню продуктивність. Східне прислів'я справедливо твердить „У кого чигирь, той без хліба не сидить”.

Норія (ківшевий елеватор) – це модернізований чигирь. Норія підіймає воду черпаками, приєднаними до рухомої стрічки або